

EWSとオブジェクト指向型言語を利用した工事工程算出システム

日本道路公団 高橋 正治
(財) 高速道路技術センター ○ 羽田野 恒
東京道路エンジニア (株) 福家 一弘

1. はじめに

日本道路公団(以下「公団」という)では業務の効率化、省力化を目指して各種の業務に対するOA化・システム化が進められている。中でも積算業務は早くから電算化に対する取り組みが行われており、現在演算を中心としたシステムが稼働している。しかしながら、演算をかける前段階に実施する工事数量の取りまとめや工程の算出作業に関しては、未だシステム化されておらず、依然として手作業により実施されている。そこで、これらの煩雑な手計算処理をEWSとオブジェクト指向型言語を用いてシステム化しようとしたのが、ここで述べる「工事工程算出システム」である。

ここでは、先進的なハードウェアとソフトウェアに対する取り組み方と、『オブジェクト指向』という新しいシステム開発の手法について述べる。

2. 積算業務の現状と問題点

公団における積算業務の一連の作業の流れ(概略手順)は、図1に示すとおりである。

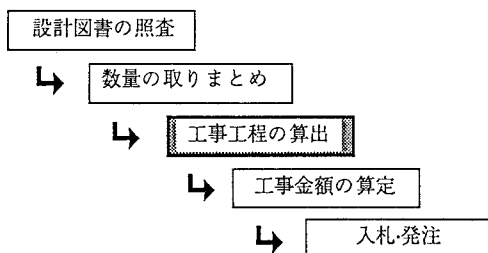


図1 土木工事発注までの流れ

設計図書の照査に続き数量の取りまとめ、工事工程の算出作業を行い、工事金額

の算定に必要な根拠を作成する。さらにその根拠をもとに既存の汎用機(NECのACOSシリーズ)にパラメータ入力を行い工事金額を算定している。工事工程の算出は、積算(工事金額の算定)を行うための基本となる作業であり、一連の積算作業の中で重要な位置を占めている。当然、その作業内容については統一性、正確性等が厳しく要求されている。しかしながら、これらが依然として手作業で実施されているため、現場技術者から次のような問題点が挙げられていた。

- ① 手作業で処理しているため、工程を算出するまでにかなりの時間を要する。
- ② 初心者でも作業ができるような手引き書が整備されていないため、現場経験がないと作業しづらい。また、作業の方法・手順に個人差が生じる場合がある。
- ③ 標準化された作業手順書がないため、他人が作成した数量や工程のチェックが難しい。
- ④ 数量集計を帳票で行うため、かなりのデータの転記が生じ、処理のもれ、計算ミスが発生する。
- ⑤ 工種(トンネル、舗装、橋梁等)により、その算出方法が違うため手間がかかる。

もちろん、共通的な数量算出基準や基本的な工程算出の考え方をまとめた要領は従来から作成されてはいたものの、対象範囲があまりに広いため、工種毎の「手引き書」や「手順書」のレベルにまで達していなかったのである。

そこで一つの試みとして、トンネル工事に焦点をあて、工事工程算出のための『作業手順書』を作成した。このような手順書により作業の標準化が行われ、前記の問題点のいくつかは解決できると思われるが、やはり手作業で行うことには変わりなく、どうしても効率性・信頼性といった面での課題が残された。

3. 工程算出作業のシステム化

「工事工程算出システム」は、作業手順書でもカバーできなかった工事工程算出作業の効率性・信頼性を確保する新しい手段として考え出された。従って以下の事項をこのシステムの目的として設定した。

- ① 作業時間を大幅に短縮する。
- ② 作業自身を簡単にする。
- ③ 正確な作業を行う。

また本システムにおいては、これまでに作られた業務処理システムの反省点や改良要求等も踏まえ、表1のような要求仕様を作成し、それを基に開発作業を行った。

4. ハードウェア・ソフトウェアの選定

システムで使用するハードウェアを考える場合、まず第一番に思いつく事は、現在使用している環境をそのまま利用する事である。

日本道路公団では、全国13カ所の拠点に汎用機(NECのACOSシリーズ)を配置し、その配下のオンライン端末(NECのパソコンN5200)から各種の業務処理システムをTSSで稼働させている。一方、パソコンN5200を全国的に導入(約1300台)し、各種システムのオンライン端末として、あるいはワープロ・表計算等のスタンドアロンマシンとして利用している。

表1 工事工程算出システムの要求仕様

区 分	内 容
機能性	④ 作業手順書に則った処理内容を提供する。
信頼性	④ データの入出力の際に、入力ミス、処理のもし等のチェックを行う。 ④ 誤操作、入力ミスは、すぐ回避できるものとする。
使用性	④ 利用者の意見を十分取り入れ、操作性や使い勝手のよいものとする。 ④ 操作説明書、コード表等を見なくても、システムの操作ができるようにする。 ④ 利用者のレベルに合わせた操作性を設定する。 ④ 作業の迅速化を目指すために、入力を含む各種作業はマウス使用を前提とする。
効率性	④ 手作業で実施していた単純な処理(データの転記・集計等)は、極力自動化する。 ④ システムのパフォーマンスを十分に発揮できるハードウェアとソフトウェアを使用する。
保守性	④ 作業手順書は頻繁に更新が行われるため、それに対応できるように、システムの修正は短期間で容易に行えるものでなくてはならない。 ④ 各種の工事に対応できるよう、システムの拡張は容易に行えなければならない。
移植性	④ 現有のハードウェア、ソフトウェアに依存しないで、将来他の計算機に移行しても影響をうけないシステムとする。

表2 ハードウェア機種別比較表

取扱者区分	比較項目	汎用機	パソコン	EWS
利用者 サイドから	ユーザインタフェース ◇	×	△	○
	処理速度	△	△	○
開発者 サイドから	開発環境	×	△	○
	システムの拡張性 ◇、◇	△	×	○
管理・発注者 サイドから	本体価格	×	○	△
	コストパフォーマンス ◇	△	△	○

しかし業務のOA化が進むにつれ、慢性的にパソコンの台数が不足し、汎用機の負荷も増加する一方であった。このような状況で新たなプログラムやシステムを現在のハードウェアで開発しても、日常的に使える機会が少ないのではないかと懸念された。

そこで既存のハードウェア(ACOS、N5200)にとらわれることなく、工事工程算出システムに最も適したハードウェアを選定することにした。表2は、汎用機(ACOSシリーズ等)、N5200以外のパソコン(PC-9800等)、EWS(エンジニアリング・ワークステーション)の機種別比較を行った主な結果である。なお比較項目の中の数字は、システム要求仕様の該当番号である。

ソフトウェアに関して重要な事は、プログラムを作成する前にシステム化対象業務の特性を十分に理解し、これに適したプログラム言語等を選定することである。現在公団で作られた業務処理システムのほとんどはCOBOL言語(一部、FORTRAN、BASIC言語)を用いてプログラムが作られているが、これは今まで開発されたシステムが定型的な処理を対象としていたためで、それほど問題とはならなかった。しかし今回対

象とするのは土木工事の工程算出作業という非定型な処理であるので、まず業務の主な特性を上げ、現在使用している言語がその特性に対応できるかどうかを調べた。

この調査により、既存の手続き型言語は本システムの開発に適さない事が判ったので、非手続き型言語を使用して開発することにした。非手続き型言語には、関数型のものや論理型のものがあるが、いずれも人工知能的な処理が可能なことがその特長である。中でもオブジェクト指向型の言語は最近各分野で注目を集めており、非定型な処理に適しているといわれているので、その中の代表的な言語である“Smalltalk-80”に着目した。

次頁の表3は土木工事工程算出作業の業務特性と手続き型言語、そしてオブジェクト指向型言語との対応を比較した結果である。(数字はシステム要求仕様の該当番号)

以上の比較により、ハードウェアは高解像度のディスプレイ装置を持ち、画像処理や通信処理を得意としている“EWS”を用いることとし、ソフトウェアについては、オブジェクト指向型の新しい言語(Smalltalk-80)を用いることとした。

表3 プログラム言語別比較表

業務の特性	手続き型言語			オブジェクト指向型言語
	COBOL	BASIC	FORTRAN	Smalltalk-80
試行錯誤過程が多い。	×	×	×	○
作図が必要となる。	×	△	×	○
計算式等のメンテナンスが多い。④	×	×	×	○
集計項目が多い。④	×	○	○	△
データの転記作業が多い。④	○	×	×	○

5. オブジェクト指向とは

オブジェクトとは、実社会の構成単位である“もの”を意味する。例えば実社会の人、車、会社などは計算機上では、人オブジェクト、車オブジェクト、会社オブジェクトとして表現される。また図2のように、土木工事における設計者、発注者、施工者といった動的な“もの”も設計者オブジェクト、発注者オブジェクト、施工者オブジェクトとして表現することができる。

実社会の“もの”はそれ自体が独立して存在し、ある要求に対し自分がどのように振る舞えばよいかを自ら判断する。そしてそれぞれが他との間で要求を出したり受けたりすることにより、複雑な社会現象を実現している。

計算機上のオブジェクトもこれと全く同様に存在し、他のオブジェクトに要求を出したり、他のオブジェクトからの要求を受けたりする。要求を受けたオブジェクトは自分の属する組織・階層(『クラス』と言う)に応じた判断基準によって、その要求に対する行動をおこす。このような仕組みを計算機上で実現しようとする考え方を「オブジェクト指向」という。

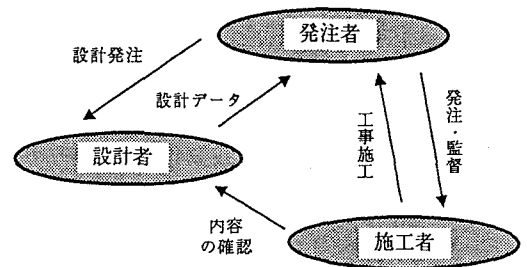


図2 土木工事におけるオブジェクト

オブジェクトは階層化して設定でき、上位の階層(クラス)で定義したオブジェクトの機能や性質は下位の階層に継承できる(図3)。従ってある一定の機能を持ったオブジェクトを作る場合は、上位階層のオブジェクトを調べ、それが持っている機能と異なる部分のみを追加定義すればよい。

これにより、プログラムが部品化されて保守性、生産性、拡張性が高まり、質の良いシステムを構築することができる。

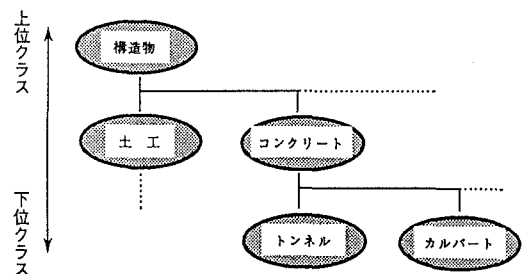


図3 オブジェクトの階層化の例

6. システム設計

オブジェクト指向によるシステム開発では、まず何をオブジェクトにするかを考える(オブジェクトの抽出)。次に抽出したオブジェクト間の関連を考え、最後に一つ一つのオブジェクトの機能を定義する。本システムでは積算業務全般に対する拡張性を考慮して、次の4種類のオブジェクトを考えた。

- ① 工事対象物の情報を管理するオブジェクト
- ② ユーザインタフェースを提供するオブジェクト
- ③ ドキュメント出力、要求受け付けオブジェクト
- ④ 積算データIOオブジェクト

なお以下では、今回試行的に開発を行ったトンネル工を例に取り各オブジェクトを説明する。

(1) 工事対象物の情報を管理するオブジェクト

積算を行うために必要となる工事対象物（以下「構造物」と言う）の情報を管理する役割を持つオブジェクト群である。トンネル工事については、工事延長、工期、掘削方法等、積算を行う為に多種多量の情報が必要に

なるが、これらの情報を保持、管理する役割を持つ。

(2) ユーザインタフェースを提供するオブジェクト

工事対象物の情報を操作(追加・変更・削除等)する為のユーザインタフェースを提供するオブジェクト群である。このオブジェクトはユーザから入力された情報の一部を内部的に保持しているため、工事対象物の情報を管理するオブジェクトから参照される。

(3) ドキュメント出力、要求を受け付ける
オブジェクト

積算に関する様々な情報を基にして工程表等を作成・出力するオブジェクト群。

(4) 積算データIOオブジェクト

前記3つのオブジェクト間の仲介役(情報の変換等を行い、2つを繋ぐ役割)を行うオブジェクト群。

以上、抽出した4つのオブジェクト間の関連は、図4に示すとおりである。

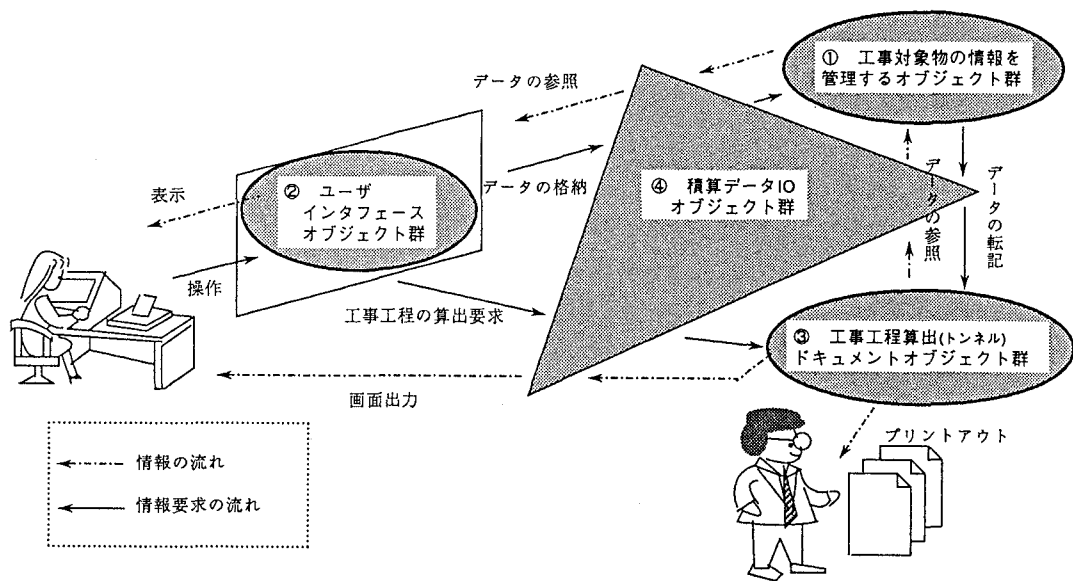


図4 オブジェクト間の関連図

7. トンネル工における ユーザインタフェースの例

本システムの設計では使用性を高めるために、ユーザインタフェースの向上をその重点課題とした。図5は、トンネル工の操作画面に用いた主な入力インタフェースである。

これらの簡易な入力方法は全てユーザインタフェースオブジェクトで定義したもので、他のオブジェクトから直接呼び出すことが可能である。従って、本システム以外のシステムでもこれらの入力インタフェースをそのまま利用できる。

A. 既定値を確認して入力する場合

道路名	自動車道
東名 名神 中央 関越	

道路名の入力例;
(従来のシステム) コード表を見てコード番号をキーボードから入力。
↓
(本システム) このようなメニューが表示され、 の箇所既定値の確認を行う。マウスにより既定値の変更が可能である。

B. 既定値を組み合わせて入力する場合

施 工 形 態	
発注形態	入力 取消 施工形態を選択して下さい。 発注形態 単独発注 分割発注 施工区分 1本単独施工 2本同時施工 交替制の区分 昼夜2交替 昼間1交替
施工区分	
交替制の区分	

施工形態の入力例;
(従来のシステム) キーボードから漢字を入力。
↓
(本システム) このようなメニューが表示される。あらかじめ  の箇所は既定値になっており、変更のある箇所のみマウスで変更する。

C. 選択枝が多く、通常既定値がない場合

断面パターン	地山等級
A	A
B	B

地山等級の入力例;
(従来のシステム) キーボードから“A”、“B”、“C”等を入力。
↓
(本システム) このようなメニューが表示され、マウスにより選択を行う。

A	PAD
B	
C	
D	
E	
F	
その他	

D. 既定値がなく、その場で数値を入力する場合

総延長	総延長 土工延長

【PADを使用】

総延長をmで入力して下さい。

入力	取消	
1	2	3
4	5	6
7	8	9
0	.	BS

総延長の入力例;
(従来のシステム) キーボードから数値を入力。
↓
(本システム) このようなメニューが表示され、マウスにより数値の入力を行う。

※ PAD(パッド)とは、システム側で用意した既定値以外を入力を行う為のツールである。PADを用いることにより、従来のキーボード入力がマウスを使っているようになる。入力する情報の内容により、「数値入力用PAD」、「アルファベット入力用PAD」、「年月日入力用PAD」等があり、基本的な操作方法を統一している。

図5 トンネル工のユーザインタフェース例

工事工程算出システム

施工形態入力 基本情報入力 工事工程算出 終了

↓ ↓ ↓

① 施工形態
 ・独立発注、割発注等(区分)
 ・施工区分
 ・単本独施
 ・2本同時
 ・工等の区

② 基本情報
 ・基本情報一覽表
 ・パターン延長
 内訳書
 ・断面支保
 パターン
 ・単位数量表
 ・運搬距離表

③ サイクル
 ・タイム表
 ・工程計算表
 ・工程表
 ・主要工種一覽表
 ・関連工種一覽表

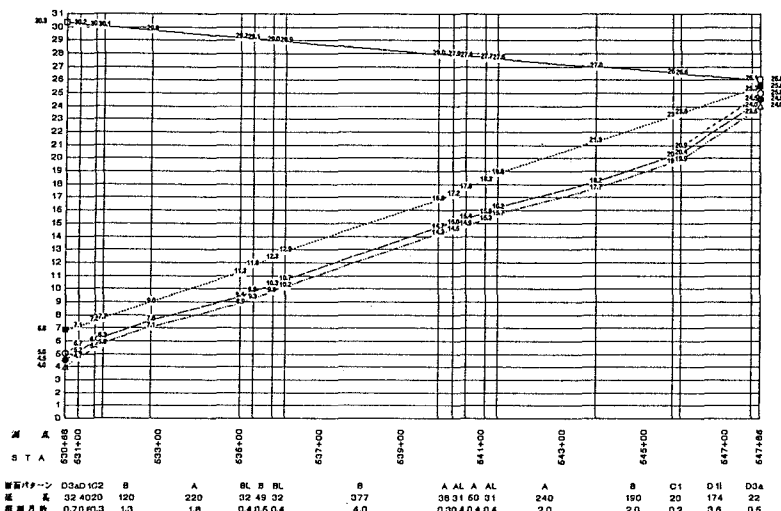
ここでは、基本情報一覧表をサンプルとして表示させている。
図5に示す入力方法で、データの入力を行っていく。

工事工程算出システムは、この初期メニューが最初に表示され、以下の順序で操作を行っていく。

1. (施工形態 入力) ↓
施工の概要(前提条件)となる、発注形態、施工区分の入力を行い、制限を明確にする。
2. (基本情報 入力) ↓
左に示す5帳票の入力を行う。工程算出作業はこれで終了。
3. (工事工程算出 出力) ↓
出力したい帳票を選択することにより、システムが自動計算を行い、プリンターへの出力が行える。 [約70帳票]

(工事名)		名称		品名		工事		A 基 本 情 報 一 覧					
		トンネル名	駅名	施工区	上り線	T-1線	半工区 の 区 間	線路長 :			1700 m		
								上り線長 :			1710 m		
内	概 要			工 法 表			施 工 部 隊						
	切 削 工			2 番隊	掘削方法	NATM土中光面ベンチカット工法	4 既設部隊	9月20日			分隊既設		
	1 歩道橋等	2 番隊	2 掘削工法	0ダシ	9月20日	5 施工区	17日			2年時既設			
	足場組立等	3 番隊	3 ダブル掘削工法	17日	17日	6 足場組立等	17日			2年時既設			
	掘削工	4 番隊	4 ダブル掘削工法	17日	17日	7 足場組立等	17日			2年時既設			
外	掘削工			5 番隊	5 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			6 番隊	6 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
基	掘削工			7 番隊	7 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			8 番隊	8 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
施	掘削工			9 番隊	9 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			10 番隊	10 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
工	掘削工			11 番隊	11 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			12 番隊	12 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			13 番隊	13 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			14 番隊	14 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			15 番隊	15 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			16 番隊	16 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			17 番隊	17 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			18 番隊	18 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			19 番隊	19 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			20 番隊	20 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			21 番隊	21 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			22 番隊	22 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			23 番隊	23 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			24 番隊	24 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			25 番隊	25 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			26 番隊	26 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			27 番隊	27 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			28 番隊	28 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			29 番隊	29 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			30 番隊	30 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			31 番隊	31 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			32 番隊	32 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			33 番隊	33 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			34 番隊	34 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			35 番隊	35 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			36 番隊	36 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			37 番隊	37 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			38 番隊	38 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
区	掘削工			39 番隊	39 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				
	掘削工			40 番隊	40 ダブル掘削工法	17日			2年時既設				

ここでは、工程表をサンプルとして表示させている。出力指定をした後、わずかな数秒間で、このような工程表が画面表示される。



— 269 —

8. 評価

トンネル工を題材とした工程算出システムでは、以下の効果が認められた。

① 工程算出のシュミレーションが可能

例えば工程表(図5-3)の作成においては、簡易な入力方法により即座に出力する事(シュミレーション)が可能となった。また現在は、基本情報(図5-2)の内容を基に工程表を作成するだけであるが、簡単な機能拡張により、工程表を操作して基本情報を逆算するといった逆のシュミレーションも可能である。

② 積算作業期間の大幅な短縮

高速自動計算と画像処理機能により、今まで通常1ヶ月半かかっていた積算作業が2週間程度になると予想される。従って約30日の作業期間の短縮となる。(図7 参照)

③ システム開発期間の短縮

オブジェクト指向型言語の活用により、プロトタイプを含めてわずか半年でシステムが完成した。

今後は、このオブジェクト指向型言語を活用して他工種(舗装工、橋梁工等)の開発、さらには既存マシン上での積算(工事金額の算定)システムとの一連化を行うといったことが当面の目標となる。しかしオブジェクト指向に基づいたシステム開発の手法については、まだ一般的にも確立されていないので開発作業と併に、その技術の模索が必要となる。

9. おわりに

本システムに用いた「EWS」は、土木の分野においてCADシステムの利用という面で急速に浸透してきている。一方「オブジェクト指向」は、最新技術ということで他の分野においても事例が少なく、土木の分野においては全く浸透していない。

しかしシステムの構築を”もの”と”もの”との組合せで考えるという点では、土木と相通じるものがある。ともかく、システム開発の容易さと保守性の良さという点だけを考えても、注目に値する技術である。

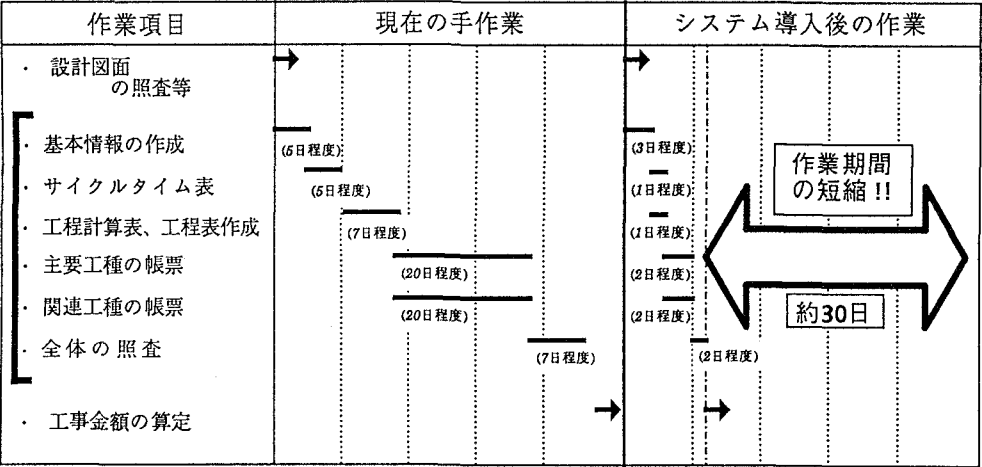


図7 システム導入の効果